

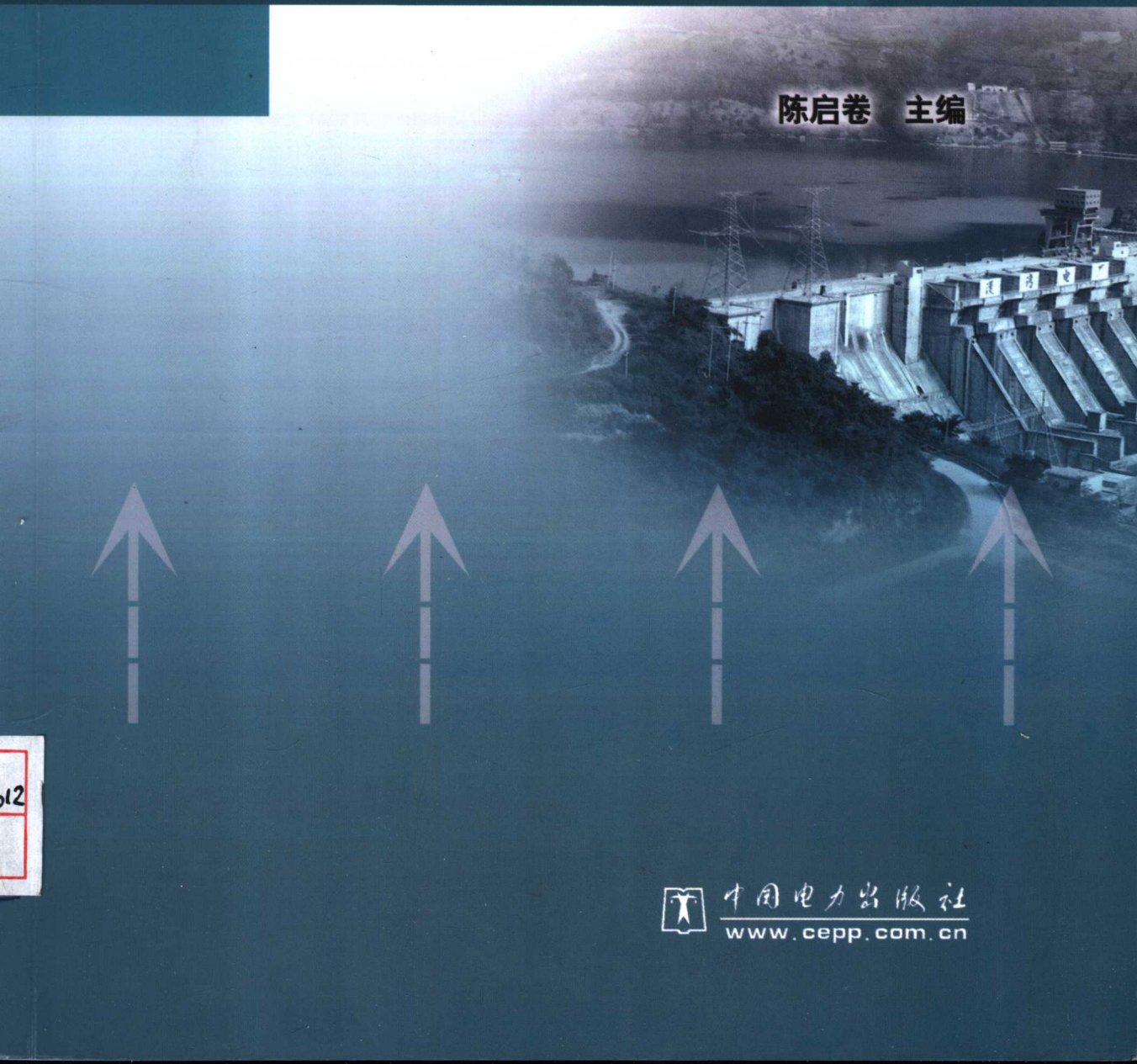
30154

中小型水电站运行与管理技术丛书

中小型水电厂

计算机监测与控制

陈启卷 主编



12



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

中 小 型 水 电 站 运 行 与 管 理 技 术 丛 书

中小型水电厂 计算机监测与控制

陈启卷 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书阐述了国内外水电厂计算机监控系统的发展概况与演变的历史、系统的典型形式及其基本要求、监控系统数据的采集和处理、监控系统内部通信与软件结构、中小水电站的监控模式、自动发电控制和自动电压控制、监控系统的抗干扰、监控系统软件的可靠性设计与实现等。本书主要针对中小型水电站编写。

本书可供有关从事中小型水电站监控系统开发和研究的有关人员参考,也可作为相关人员的培训教材及大学生的参考书。

中小型水电厂计算机监测与控制/陈启卷主编. - 北京:中国电力出版社, 2005

(中小型水电站运行与管理技术丛书)

ISBN 7-5083-3354-3

I. 中... II. 陈... III. 水力发电站-计算机控制
IV. TV736

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 039554 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)
冶金印刷厂印刷
各地新华书店经售

2005年8月第一版 2005年8月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 12印张 289千字
印数 0001—3000册 定价 20.00元

版權專有 翻印必究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

http://www.4q.com

中小型水电站运行与管理技术丛书

编 委 会

主 任：余卫国

副主任：谭少华 蔡维由 王贞伟 刘克兴

委 员：（以姓氏笔划为序）

王贞伟	毛慧和	付国锋	江小兵	刘克兴
刘金生	刘国刚	刘柄文	陈启卷	陈 涛
李学超	肖志怀	肖惠民	余卫国	张天明
张成平	罗仁彩	姬巧玲	职小前	程远楚
谭少华	蔡天富	蔡维由		

前言

目前,我国大中型水电厂已普遍采用计算机监控,具有高度自动化水平,并逐步实现了“无人值班”(少人值守)。而中小型水电站的自动化水平仍处于比较落后的状态,尤其是具有计算机知识的技术人才较为缺乏,相对制约了其自动化水平的提高。我国小型水电站自动化发展的总体目标是,在2010年前50%的农村小型水电站及配套电网达到现代化水平。2015年,农村水电行业全面实现现代化,其中总装机容量5MW及以上的水电站,应采用全开放、分层分布式计算机监控系统;调速器,励磁装置,厂内油、水、气、直流系统,闸门等设备的监测控制应采用微机控制系统,计算机监控系统与设备控制单元之间的数据通信可通过现场总线、串行通信或I/O等方式进行。为了实现这一目标,从2002年开始,在单机容量大于1MW的中小型水电站,其自动控制系统已要求采用计算机监控,这对中小型水电站的运行管理人员提出了新的技术要求,需要普及基本的计算机监控技术知识。本书正是为了满足这一要求而编写出版的。

中小型水电站一般连接于地区电网,满足地区负荷所需,单机容量较小,因而机组事故停机对系统的影响较小,对其计算机监控系统的要求也可相对降低,即监控模式无需采用大中型水电厂的复杂模式,而应根据其自身自动化设计的特点,寻求合适的计算机监控系统模式,满足安全可靠、经济实用、结构简单的功能要求。为此,本书在选材时充分考虑了这些特点,以比较简练的手法,将计算机监控技术的主要内容展示给读者,从而使读者可以在比较短的时间内掌握计算机监控技术的全貌。

本书是中小型水电站运行与管理技术丛书之一。为避免部分内容在丛书各册中重复叙述,本书未包括计算机同步装置、微机调速器、微机励磁调节器等现地自动装置的内容。需要了解这些内容的读者,可参考丛书的其他各册。由于是针对中小型水电站计算机监控而言,本书也未涉及抽水蓄能电厂的控制、梯级水电厂的控制等内容。

全书共分九章,其中第五章由作者的博士生姜胜负负责编写,其余内容全部由作者本人完成编写工作。本书包含了作者多年来对水电厂计算机监控系统的教学和科研成果,书中收集的有关实例资料以国内近几年的应用实例为主。由于现代计算机监控技术的应用水平不断提高,发展迅速,限于作者的水平和经验,书中难免存在不足之处,真诚希望同行专家和本书读者积极提出建议和意见,以利作者不断提高和改进。

本书参考和引用了部分文献和书籍,对这些作者表示衷心地感谢!

编者

2004年12月

目 录

前言

第一章 概论	1
第一节 概述	1
第二节 国内外水电厂计算机监控系统发展概况	2
第三节 水电厂计算机监控方式的演变	3
第四节 水电厂计算机监控系统的功能	5
第五节 实现计算机监控可取得的效益	12
第六节 水电厂的“无人值班”(少人值守)	12
第七节 小型水电站计算机监控现状	14
第二章 计算机监控系统概述	17
第一节 计算机监控系统及其组成	17
第二节 计算机监控系统的典型形式	18
第三节 水电厂计算机监控系统的一般结构	21
第四节 计算机系统的连接与通信	27
第五节 水电厂计算机监控系统的主要性能指标	33
第三章 水电厂生产过程物理量检测和变换	37
第一节 水电厂数据	37
第二节 水电厂数据采集和处理要求	39
第三节 传感器和变送器	42
第四章 计算机监控系统数据采集与处理	47
第一节 数据采集与处理概述	47
第二节 输入输出过程通道简述	47
第三节 数据转换中的一些基本知识	51
第四节 D/A 转换及 A/D 转换原理	57
第五节 过程通道数据传送范例	61
第六节 交流电量采集原理	69
第七节 数字滤波技术	78

第八节 标度变换	80
第五章 计算机监控系统内部通信与软件结构	82
第一节 网络基础知识	82
第二节 数据库	91
第三节 现场总线	94
第四节 水电厂计算机监控系统软件	99
第六章 中小型水电站计算机监控模式	112
第一节 中小型水电站的计算机分层分布监控系统	113
第二节 集中式计算机监控系统	128
第三节 小型水电站组合智能发电监控系统	130
第四节 小型水电站综合自动化系统	134
第七章 自动发电控制和自动电压控制	137
第一节 水电站自动发电控制	137
第二节 水电厂自动发电控制的实施	141
第三节 水电厂自动电压控制	142
第八章 计算机监控系统抗干扰	144
第一节 干扰源和干扰传播途径	144
第二节 电网干扰及其抑制方法	146
第三节 计算机系统过程通道的抗干扰	148
第四节 CPU 抗干扰技术	153
第五节 系统供电与接地技术	155
第六节 软件抗干扰技术	159
第七节 提高可靠性的其他措施	160
第九章 监控系统软件的可靠性设计与实现	163
第一节 软件的可靠性设计概述	163
第二节 影响软件可靠性的因素及提高可靠性的方法	164
第三节 水电厂监控系统软件的可靠性设计	168
第四节 水电厂监控系统软件测试	172
第五节 水电厂监控系统软件测试值得注意的几个问题	180
参考文献	183

第一章

中小型水电站运行与管理技术丛书
中小型水电厂计算机监测与控制

概 论

第一节 概 述

我国地域广阔,中、小河流众多,水能蕴藏量丰富。随着国民经济的高速发展,用电量不断增加,因此加快开发和改造中、小型水电站,提高其技术和管理水平是十分必要的,而微机综合自动化的实施是电站安全可靠运行的有力保证。

在我国 2400 多个县中,已有 1500 余个县开发了小水电,近 800 个县、3 亿人口主要靠小水电及其小电网供电。随着以小水电为主的农村电气化计划的实施,小水电的建设规模迅速扩大,建设容量也不断增大,小水电的范畴已由单站容量从 20 世纪 50 年代的 500kW、60 年代的 3MW、70 年代的 12MW、80 年代的 25MW,上升到 90 年代的 50MW。现在,地方电力已由小水电为主体发展为以中小水电为主体了。据统计,到 2002 年底,全国有小水电站 44000 余座,装机容量 33000MW,年发电量 1084 亿 kW·h,分别为同期全国水电总装机容量的 39% 和发电量的 40%。小水电的建设规模连续 10 年超过 5000MW,投产规模连续 10 年超过 1000MW,近两年投产均超过 1500MW。“十五”计划期间,我国新增小水电装机容量 6000MW。“十一五”期间,则将新增 8000MW,发展前景良好。

目前,我国大中型水电厂已普遍采用计算机控制,具有高度自动化水平,而中小型水电厂的自动化水平仍处于比较落后的状态。从 2002 年开始,在单机容量大于 1MW 的小型水电站,其自动控制系统已要求采用计算机监控系统。上世纪 90 年代以前建设的水电厂,要按总体目标要求做出更新改造规划,预计在 2010 年前全部实现“无人值班”(少人值守)。

我国小型水电厂自动化发展的总体目标是,在 2010 年前 50% 的农村小型水电厂及配套电网达到现代化水平。2015 年,农村水电行业全面实现现代化,其中总装机 5MW 及以上的水电厂,应采用全开放、分层分布式计算机监控系统;调速器,励磁装置和厂内油、水、气、直流系统,闸门等设备的监测控制应采用微机控制系统,计算机监控系统与设备控制单元之间的数据通信可通过现场总线、串行通信或 I/O 等方式进行。

计算机应用之所以被引起如此的关注,其本质在于它具备有完成自动化功能的性能条件,即它具有大的存贮容量、快的运算速度和高的精确度等。实践证明,水电厂应用计算机对提高自动化水平,保证安全运行,提高经济效益,改善劳动条件,促进技术进步都具有十分重要的意义。它用来构成自动化系统,与常规自动化设备相比有如下方面的特点:

(1) 可以模拟各种复杂的控制规律,实现系统高质量的控制效果。同时,可以不改变控制设备而方便地修改控制器的模型结构和参数。

(2) 具有记忆和判断的能力,能够综合生产过程中的多种情况,作出最佳选择,实现最优控制。

(3) 有分时操作的能力,可满足多个回路的控制任务,用以代替多台常规控制设备的功能。

(4) 能够及早地发现生产过程中孕育着的各种故障和事故,不失时机地作出预报和处理。

(5) 能够实时进行生产过程计划调度、经济核算、物料平衡等。

当今世界计算机科学仍在飞速的发展,即将跨入以智能控制和专家系统为代表的时期。可以断言,这将会对水电厂自动化技术带来新的变革,产生更为深远的影响。面对水电站计算机应用繁重而艰巨的任务,人材培养和专业队伍建设显得十分重要。希望通过本教材内容的学习,能使读者了解计算机在水电站中应用的知识,掌握必要的理论基础,以及提高用于解决实际工作的能力,适应水电厂计算机监控发展的需要。

需要说明的是,由于计算机产品的不断推陈出新,中、小水电站自动化中采用计算机系统的配置尚难以统一。同时,由于篇幅所限,此教材不去详细讨论某一机型所构成系统的硬件内部结构和软件程序,而主要介绍应用计算机实现水电站监控的基本原理和方法,为读者在具体工作中提供必要的知识。

掌握计算机监控技术必须掌握一些基础知识。然而,对尚无计算机软硬件知识的读者,也能学懂并掌握书中的内容,从中得到应用计算机实现水电站监控任务的启示,这也是编写本书的期望之一。

第二节 国内外水电厂计算机 监控系统发展概况

安全经济运行是水电厂最根本的任务。随着国民经济的持续发展,电力需求迅猛增长,兴建的水电厂越来越多,其容量也越来越大,如正在建设的三峡水电厂,总装机容量高达22400MW。为了实现安全发供电,需要经常监测的运行参数成千上万,需要实现的控制功能也越来越复杂。尤其是抽水蓄能电厂,机组的工况不仅有发电、调相,而且还有抽水,各种工况之间的相互转换,使控制功能进一步复杂。为了实现水电厂本身或梯级水电厂的经济运行,需要进行大量复杂的计算。这些工作使原先在水电厂上广泛使用的布线逻辑型自动装置越来越难以胜任,需要采用更为先进的技术。

计算机技术日新月异,发展迅猛,其性能日趋完善,而价格日益下降,这为在水电厂取代常规的布线逻辑型自动装置提供了良好的物质基础。

早在20世纪70年代,计算机已开始应用于水电厂,起先用于各项离线计算和工况的监测,后来,逐渐进入到控制领域。它经历了一段从低级到高级,从顺序控制到闭环调节控制,从局部控制到全厂控制,从电能生产领域扩展到水情测报、水工建筑物的监控、航运管理控制等各个方面,从监控到实现经济运行,从个别电厂监控到整个梯级和流域监控的发展过程。出现了一批用微机构成的调速器、励磁调节器、同步并列装置、继电保护装置。多媒体技术的应用使水电厂中控室的设计发生了巨大的变化。巨大的模拟显示屏正在逐渐被计算机显示器所代替;常规操作盘基本上已被计算机监控系统的值班员控制台所取代;运行人员

的操作已从过去的扭把手、按开关转为计算机键盘和鼠标操作。运行人员的工作性质也发生了质的变化,从过去的日常监盘和频繁操作转变为巡视,经常的监测和调节控制都由计算机系统去完成。运行人员的劳动强度大大减轻,人数也大大减少,甚至出现了无人值班或“无人值班”(少人值守)的水电厂。采用计算机监控已成了水电厂自动化的主流。

从20世纪70年代起,计算机监控在国外一些水电厂上取得了实质性的进展,出现了用计算机控制的水电厂。最初,由于计算机比较贵,全厂只用一台计算机实现对主要工况的监视和操作,通常不实现闭环调节控制。后来,随着计算机性能改善和价格下降,出现了采用多台小型计算机实现闭环调节控制的水电厂。随着高性能微机的出现,微机在水电厂监控系统中得到普遍的应用。现在,新投入的水电厂大都采用由多台计算机构成的计算机监控系统。世界各国的发展是不平衡的,难以对水电厂实现计算机监控的资料进行完整统计。就国家来说,美国、法国、日本和加拿大等国在这方面是比较领先的。

在我国,水电厂自动化应用计算机监控系统发展很快。较早的主要是进行以数据采集为主的试验和研究工作。“六五”期间,开始了以重点对水电厂计算机监控、水轮发电机调速、励磁调节、水情自动测报等方面的科研和应用试点工作。如以浑江梯级及永定河梯级水电站,富春江及葛洲坝水电厂为代表的计算机监控系统的试点;在个别电厂上进行的以微机调速和励磁调节的试点;黄龙滩水电站的水情自动测报,第二松花江的水情自动测报及水库调度自动化的试点等,这些都取得了一定的成效。在“七五”期间又有了新的突破。1987年10月,原水利电力部在南京召开了全国水电厂自动化技术总结和规划落实工作会议,在总结经验的基础上,制定了《“七五”期间水电厂自动化计算机应用规划》。按照规划要求,“七五”期间,我国将有包括葛洲坝、鲁布格、白山、浑江、永定河等30个左右的水电厂实现计算机监控和经济运行,其中5座水电站梯级实现实时经济调度,一个水电厂将试点无人值班。并且明确了通过“七五”规划的实现,促使我国水电厂自动化方面应用计算机技术从科研试验走上实用推广的战略目标。通过执行“八五”、“九五”和“十五”规划的近十五年来,我国水电厂自动化水平又有了很大的提高,已有几十个水电厂实现了计算机监控。对无人值班或少人值班提出了更高的要求,这对从事水电事业的广大技、职工来讲是一个光荣而艰巨的任务。

根据近年来的实践,新建中的中型水电厂已基本上采用计算机监控系统,不采用的已是少数。

第三节 水电厂计算机监控方式的演变

随着计算机技术的不断发展,水电厂监控的方式也随之改变,计算机系统在水电厂监控系统中的作用及其与常规设备的关系也发生了变化,其演变过程大致如下。

1. 以常规控制装置为主、计算机为辅的监控方式(Computer—Aided Supervisory Control, 简称CASC)

早期由于计算机价格高,而且人们对它的可靠性没有足够的信任,因此,水电厂的直接控制功能仍由常规控制装置来实现,计算机只起监视、记录打印、经济运行计算、运行指导等作用。采用此方式时,对计算机可靠性的要求不是很高,即使计算机发生局部故障,水电厂的正常运行仍能继续,只是性能有所降低。采用这种控制方式的典型例子是伊泰普水电厂

运行的初期(20世纪80年代上半期)。当时采用这种控制方式的理由是,根据巴西和巴拉圭的国情,认为采用计算机监控系统的经验还不够成熟,缺乏相应的技术力量,故先采用能实现数据采集和监视记录等功能的计算机系统,而水电厂的控制仍由常规设备来完成。这样,可为后期实现控制功能作准备,同时可以减少前期的投资。后来,伊泰普水电厂已将它更新为具有复杂控制功能的、比较完善的计算机监控系统。

国内也有采用这种控制方式的例子,后来都已逐渐更新为能实现控制功能的比较完善的计算机监控系统。

这种控制方式的缺点是,功能和性能都比较低,并对整个水电厂自动化水平的提高有一定的限制,新建水电厂目前已很少采用。

对已运行的水电厂,特别是中小型水电站,在常规监控系统的基础上,加一些专用功能的全厂自动化装置,如自动巡回检测和数据采集装置,按水流或负荷调节经济运行装置等,也可取得良好的技术经济效益,投资也不大,对运行管理水平要求又不高,这种CASC方式还是可以采用的。国外有不少这样的实例。

2. 计算机与常规控制装置双重监控方式(Computer—Conventional Supervisory Control,简称CCSC)

随着计算机系统可靠性的提高和价格的下降以及技术人员对计算机实现监控的信任度的提高,让计算机直接参加控制已能够被他们所接受,但对它还是不够放心,所以出现了计算机与常规控制装置双重监控的方式。在此,水电厂要设置两套完整的控制系统,一套是以常规控制装置构成的系统,一套是以计算机构成的系统,相互之间基本上是独立的。两套控制系统之间可以切换,互为备用,保证其能可靠工作。采用这种方式还基于以下原因:

(1) 对于大型水电厂,由于其运行可靠性要求高,对计算机系统的可靠性仍有较大的顾虑,认为计算机系统没有常规系统可靠,要设一套常规系统作后备。

(2) 原来的水电厂运行值班人员习惯于常规设备的操作,不熟悉计算机系统的操作,要有一定的适应期。

(3) 计算机系统检修时,常规系统可以投入运行,不影响水电厂的正常发电。

(4) 如果水电厂已有常规系统,加设计算机监控系统不影响水电厂的正常运行。这一点对已运行水电厂的改造是有现实意义的。

国外采用这种方式的典型例子是美国邦纳维尔第二电厂(558MW)和巴斯康提抽水蓄能电厂(2100MW)。国内采用这种控制方式的典型例子是葛洲坝大江电厂(1750MW)和龙羊峡水电厂(1280MW)。

采用这种方式的缺点是:①由于需要设置两套完整的控制系统,投资比较大;②由于两套系统并存,相互之间要切换,二次接线复杂,可靠性反而有所降低。目前新建水电厂已很少采用这种控制方式。

3. 以计算机为基础的监控方式(Computer—Based Supervisory Control,简称CBSC)

随着计算机系统的可靠性进一步提高和价格的进一步下降,出现了以计算机为基础的监控系统。采用此方式时,常规控制部分可以大大简化,平时全部采用计算机控制。因此,对计算机系统的可靠性要求就比较高,这可以采用冗余技术来解决,保证系统当某一单元或某局部环节发生故障时,整个系统和电厂运行还能继续进行。

采用此种方式时,中控室仅设置计算机监控系统的值班员控制台,模拟屏已成为辅助监控手段,可以简化甚至取消。

国外采用这种方式的典型例子是美国的大古力水电厂、委内瑞拉的古里水电厂、法国的孟德齐克抽水蓄能电厂(920MW)等。国内采用这种方式的典型例子是漫湾水电厂(1250MW)。

这种控制方式是目前国内外水电厂较普遍采用的计算机控制方式。

4. 取消常规设备的全计算机控制方式

随着计算机技术的进一步发展和水电厂计算机监控系统运行经验的累积,出现了以计算机为惟一监控设备的全计算机控制方式,实际上它是 CBSC 方式的延伸。此时,取消了中控室常规的集中控制设备,机旁也取消了自动操作盘。中控室有时还保留模拟显示屏,但其信息取自计算机系统,不考虑在机组控制单元(计算机型的)发生故障时进行机旁的自动操作。此时,对计算机系统的可靠性提出更高的要求,冗余度也要进一步提高。

采用这种方式的典型例子是我国隔河岩水电厂(1200MW),采用 CAE 公司的产品,近年已对其升级换代。这种方式投资比较大,但它有良好的应用前景,已逐渐成为主要的水电厂计算机控制方式。

第四节 水电厂计算机监控系统的功能

这里所述的内容是十分完善的计算机监控系统的功能,对于不同的水电厂,尤其是中小型水电站,根据需要可用其中的一部分。水电厂计算机监控系统需要实现的功能与水电厂的装机容量、机组台数、在电力系统中的重要性及承担任务的复杂性(如发电、航运、防洪、灌溉等)等因素有关,具体需要的功能可根据上述因素来确定。

一、数据采集和处理

水电厂各运行设备的参数需要经常进行巡回检测,检查它们是否异常(越限),并对数据库不断更新。通常按照被测量性质的不同把它们分为模拟量、开关量、脉冲量、数码量、相关量、计算量等,其采集及处理方法各有特点。

1. 模拟量

模拟量是指电气模拟量、非电气模拟量和温度量等实测量,电气模拟量(常简称为电量)系指电压、电流及功率等实测值。非电气模拟量(常简称为非电量)主要指转速、位移、压力、流量、水位、油位、振动、摆度等。温度量也属于非电气模拟量的一种,通过采集热电阻的变化来计算温度,虽然其变化速度一般较缓慢,但仍然是很主要的被测量,因此将其单列出来,称之为温度量。这些模拟量的处理主要包括信号抗干扰、数字滤波、误差补偿、数据有效性合理性判断、标度变换、梯度计算、越复限判断及越限报警、传感器失真和断线检测等,最后经格式化处理后形成实时数据并存入实时数据库。经处理后的模拟量可输出至模拟量表计,例如电厂模拟屏及其他盘柜上的电流、电压表计等。

电气模拟量通常对交流信号直接采集而得,即对直接引入电压互感器、电流互感器的信号,通过采集电压、电流值及电压、电流之间的相位,经过计算求出所需要的各种电气量,如电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、频率及电能等,并通过通信接口实现其数据传送。交流采样的优点是省去了常规的变送器,简化了系统设计,减少了现场接线和设备的占地面积,降低了系统成本,并提高了测量精度,已获得了越来越广泛的应用。目前专用交流量采集装置功能已较完善,很多产品集采样、显示、波形记录、

智能分析和报警于一体,实现了数字化、智能化、网络化。就其结构而言,有设计成通用仪表机箱、专用机箱或计算机系统内的专用交流流量采集模块等多种方式,可满足不同应用场合的各种要求。

2. 开关量

开关量即现场开关的位置信号,经变换后可转换为0、1型的数字信号。开关量包括中断型开关量和非中断型开关量两种。电厂的事故信号、断路器分合及重要继电保护的動作信号等作为中断型开关量输入。计算机监控系统以中断方式迅速响应这些信号,并自动进入中断处理程序来进行处理并报警。所谓中断方式输入即采用无源接点输入、中断方式接收的方法引入事故信号。一旦这些信号发生变化,必须立即进行采集处理,并对断路器的位置信号、继电保护和安全自动装置的动作进行顺序记录(Sequence Of Events, SOE),以便事后对事故进行分析。除中断型开关信号以外的其他开关量,包括各类故障信号、断路器及隔离开关的位置信号、机组设备运行状态信号(停机、发电、调相、抽水等)、手动自动方式选择信号等作为非中断型开关量输入,这些信号的采集通常采用扫描的方式。非中断型开关量信号处理的主要内容包括光电隔离、接点防抖动处理、硬件及软件滤波、数据有效性合理性判断等,最后经格式化处理后存入实时数据库。

开关量输出主要用来进行控制调节,通常是用接点的方式进行控制,用脉宽的方式进行调节。计算机在输出这些信号前进行校验,同时在输出继电器采取防误措施,使控制调节命令能正确执行。为保证信号的电气独立性及准确性,开关量输出信号也常经过光电隔离、接点防抖动处理等。

3. 脉冲量和数码量

脉冲量主要指有功和无功电能量,由于它采用脉冲累加的方式进行测量,因此称之为脉冲量。脉冲量的输入为无源接点或有源电脉冲,采用即时采集即时累加的方式。对脉冲量的采集处理包括接点防抖动处理、脉冲累计值的保持和清零、数据有效性判断、检错纠错等,经格式化处理后存入实时数据库。

数码量指的是独立微机检测装置的数字信号输出,如水位测量装置的数字量输出等,可直接将现地数码量,采用通信的方式送入监控系统。对其处理方法主要有光电隔离、数字滤波、检错处理、码制变换等,最后经格式化处理后存入实时数据库。

4. 相关量、计算量、人工设定值

相关量是用来进行数据合理性、合法性检验的工具,一般通过计算而得,它可以是开关量输入信号(包括中断型和非中断型)的“非”信号,并与原始信号始终保持这种关系,如果这种相反的“非”关系一旦被破坏,则说明数据有错。

计算量是指那些非实测量,这些量是根据工程的需要通过计算后产生的,因此称之为计算量,如各种累加值,全厂总功率,每班、每日累计发电量,发电机、输电线的日、月、年发、输电量累加值,主变压器和厂用电量累加,以及效率计算、特征值计算等。此外,在顺控流程中使用的部分量也是计算量,它有别于一般的实测开关量和模拟量,能使顺控流程保持较好的惟一性、易识别性等。

对于电站在建设初期或其他原因无法采集到的监测量,或某些必须由人工进行设定、并作分析处理的信号量,计算机监控系统允许对其进行人工设定,并可以区分它们或根据需要给出相应标识。

二、设备的操作监视和控制

对全厂主要机电设备和油、气、水、厂用电等辅助系统的各种设备进行操作监视和控制。它们是机组工况的转换（如开机、停机、发电转调相、调相转发电、发电转抽水、抽水转发电等）、机组的同步并列、断路器和隔离开关的分合、机组辅助设备的操作、机组有功功率和无功功率的调整、变压器分接头有载调节等。

1. 开（停）机过程监视

开（停）机指令发出后，计算机监控系统自动显示相应的机组开（停）机画面。一般开（停）机画面显示的内容有机组接线图，开（停）机顺控流程，机组主要参数， P 、 Q 、 I 、 V 棒图，异常事件列表等。开（停）机过程的流程图实时显示开（停）机过程中每一步骤的执行情况，提示在开（停）机过程受阻时的受阻部位及其原因，进行分步执行或闭环控制等。

此外设备操作还可采用典型操作票和智能操作票等方式，典型操作票是将各种典型的操作全部列出的操作票，以备调用，智能操作票则是根据当时的实际情况，因地制宜地开列出相应的操作票，供操作员参考使用。

2. 设备操作监视

当要进行倒闸操作时，计算机监控系统将根据全厂当前的运行状态及隔离开闭锁条件，判断该设备在当前是否允许操作，并自动执行该项操作。如果操作是不允许的，则提示其原因并尽可能地提出相应的处理办法。

3. 厂用电操作监视

当要进行厂用电系统操作时，监控系统根据当前厂用电的运行状态及设定的厂用电运行方式，以及倒闸操作限制条件等，判断某个厂用电断路器或隔离开关在当前是否允许操作，并自动进行操作，或给出相应的提示由人工进行操作。如操作允许则提示操作的先后顺序，否则提示其原因等。

4. 辅助设备控制及操作统计

水电厂的辅助设备一般采用直接控制或干预控制两种方式控制。前者是电站的辅助设备直接由计算机监控系统进行控制，这主要适用于重要设备或大型设备。而一般情况下则是采用干预控制的方式，即正常情况下，由辅助设备的控制系统自主闭环进行控制，计算机监控系统不加干预，仅在特殊情况下，才由计算机监控系统或人为进行干预，并由计算机监控系统进行操作统计，这些统计结果可用来分析设备运行的状况。

5. 紧急控制和恢复控制

机组发生事故和故障时应能自动跳闸和紧急停机。电力系统发生故障或失去大量负荷时（如频率过低或过高），能迅速采取校正措施和提高稳定措施。如增加机组出力，投入备用机组，将机组转入调相运行，切除机组等，使电力系统能及时回到安全状态。当系统稳定后，进行恢复控制，使电厂恢复到事故前的运行工况。

以上操作和控制还涉及到控制权限的问题。设备的操作权一般分为远方、中控室及现地三级。远方操作命令来自上级网调、省调或梯调，根据电厂的实际情况而定，中控室操作属于电厂一级的控制，而现地控制则在机旁完成。控制权可以切换，一般在中控室设置。但现地控制具有优先权，以便于设备的检修和调试，当处于远方控制时，一旦发生事故或由于其他原因需人为干预时，控制权自动地切换到电厂端，以便事故的及时处理。控制权的设定包括两方面的内容：其一是操作员控制台允许操作的设定，通常计算机监控系统设置 2~3 个

控制台,但某一段时间对于某台设备只允许一个控制台能操作,以免操作出错或命令冲突,即只有一个控制台为操作台,其余均为监视台,当操作完毕或操作员离开时,可将另一控制台设置成操作台;其二是操作员权限的设定,即根据系统管理员、维护人员、运行人员(又分值长、值班员等)的责任,对监控系统的掌握及熟练程度等分别给予一定的权限,以确保电厂设备及计算机监控系统的安全。

三、设备运行安全监视

电厂运行安全方面的监视涉及正常工况、异常工况、紧急状况的监视,监视的内容包括越、复限,故障,事故,异常趋势等。计算机监控系统为运行值班(守)人员、运行主任、总工及厂长对全厂各主、辅助设备的运行状态进行实时监视提供手段和工具。由于各级监视人员的职责不同,其监视的内容也各不相同。监控系统可以按照预先设定的职责设定监视的级别及范围,并随时对监视内容的设定进行更改。

1. 越、复限监视

越、复限监视主要是对异常情况进行监视,如过压、过流、温度异常升高等。监视的参数通常包括电量、非电量、温度量等。对这些参数设置允许运行的范围,如高限、高高限或低限、低低限等,一般情况下当参数超出高限或低限时,发报警信号,而当出现超越高高限或低低限时,则动作于跳开关或停机。在出现参数越、复限后要进行的处理包括越限报警,越、复限时的自动显示、记录和打印,对于重要参数及数据还将进行越限后至复限前的数据存储及召唤显示,启动相关量分析功能进行故障原因提示等。

2. 事故顺序判别

当断路器异常跳闸、重合闸动作等情况出现时,监控系统将立即以中断方式响应并及时记录事故名称和发生时间,记录相关设备的动作情况,自动推出相关画面,必要时进行打印,并进行事故原因分析和提示处理方法。计算机监控系统能将发生的事故及相应设备的动作情况按其发生的先后顺序记录下来,记录的分辨率根据电厂要求一般为 $1\sim 5\text{ms}$ 。

3. 事故追忆和故障录波

发生事故时,对一些与事故有关的参数的历史值和事故期间的采样值进行显示和打印,主要有重要线路的电压、电流、频率和机组的电压、电流等。

4. 故障状态显示

计算机监控系统定时扫描各故障状态信号,一旦发现状态变化,将及时记录故障名称及其发生时间,随之在画面上显示并发出音响报警。计算机监控系统对故障状态信号的查询周期一般不超过 2s 。

5. 趋势分析

对发电机定子温度、轴承温度、主变压器油温等进行趋势记录和分析,正常情况下,这些量变化的速率应在一个给定的范围内。当趋势变化速率超过限值时发出报警信号。这实际上是一种预警信号,以便及时采取措施预防烧瓦等事故的发生。

四、自动发电控制(Automatic Generation Control,简称AGC)

水电厂自动发电控制的任务是,在满足各项限制条件的前提下,以迅速、经济的方式控制整个水电厂的有功功率来满足电力系统的需要。控制整个水电厂的有功功率应包括机组的合理启停,它包含了实现水电厂的经济运行。其主要内容如下:

(1) 根据给定的水电厂需发功率,同时考虑调频和备用容量的需要,计算当前水头下水

电厂的最佳运行机组台数和组合。

(2) 根据水电厂供电的可靠性、设备（特别是机组）的实际安全和经济状况确定应运行机组的台号。

(3) 在应运行机组间实现负荷的经济分配。

(4) 校核各项限制条件，如机组空蚀振动区、下游最小流量、下游水位变化等，不满足时进行各种修正。

五、自动电压控制 (Automatic Voltage Control, 简称 AVC)

自动电压控制是在满足水电厂和机组各种安全约束条件下，比较高压母线电压实测值和设定值，根据不同运行工况对全厂的机组作出实时决策（改变励磁），或改变联络变压器分接头有载调节位置，以维持高压母线电压稳定在设定值附近，并合理分配厂内各机组的无功功率，尽量减少水电厂的功率消耗。

六、运行日志及报表

当水电厂采用计算机监控之后，从运行管理上并不要求每天都打印或填报运行日志或各种报表，但生成这些日志和报表还是必要的，以备日后需要时打印或在屏幕上调阅。

1. 运行日志

电厂的运行日志用来记录每台机组当日运行参数，如发电机出口电压、定子电流、有功功率、无功功率、发电量、耗水量及效率等，此外还有线路的相关参数等。当前运行日志通常存于计算机硬盘或光盘中，不需要每天打印，只在需要查阅时在屏幕上调用或打印。

2. 操作记录

电厂中主辅设备的操作和自动操作进行记录，包括开（停）机操作记录，断路器和隔离开关的分、合记录，油、水、气系统电动机或泵的启停记录，各种闸门的启、闭记录等。

3. 其他记录

除操作记录（或称操作一览表）外还有事故记录、故障记录、报警记录、保护动作记录、自诊断记录等，并由此总汇而成事件一览表，以便对比分析。

4. 设定值或参数修改记录

电厂中的各种参数，除主辅设备的参数外，还包括监控的参数、保护设定的参数等，如有修改或变更，都记录下修改的时间和修改的内容，并存入数据库以备随时查询。

七、事件统计

从运行情况评价及“无人值班”（少人值守）验收的要求来看，电厂各种事件的统计记录是非常重要的一个评价依据，如开、停机成功率的统计，无事故安全运行天数的统计（常称为安全记录），一年中发电或检修天数的统计等。

1. 开、停机成功率的统计

一次成功的开机指的是在完全没有人为因素的干预下，在计算机系统接到开机令后在规定时间内能自动开机并接入电网发电的过程。有的电厂在统计成功率时，将由于主辅设备原因而造成开机不成功的事件排除，因而开机成功率实际上变为监控系统的开机成功率，但这并未反映电厂实际开机操作的水平。

2. 事故或故障统计

事故或故障统计也是评价电厂运行水平的一个依据，记录统计的内容包括事故或故障的对象和性质、事故发生的时间、恢复的时间、一年（或月）中发生事故的次数等。

3. 参数越、复限统计

参数越、复限统计的内容主要包括参数的名称、越限的时刻和数值、复限的时刻、越限持续的时间长短、在一段时间内越限出现的次数等。

4. 设备投退统计

这里包括设备与功能的投退统计,如发电机的投、退时刻及运行或退出的累计时间统计,AGC的投、退时刻及运行或退出的累计时间统计等,由此可计算设备的投入率及累计运行时间。

八、数据通信

水电厂计算机监控系统内部各设备之间都存在数据通信的问题,其通信的方式和速率与监控系统的结构模式有关,反之,通信方式和设备的选择又直接影响监控系统的性能指标,甚至影响到监控系统是否能正常工作,由于通信技术的快速发展,合理选择通信方式是监控系统选型或设计的重要内容之一。

监控系统应能与网调、梯调、水情测报系统、溢洪闸门控制系统、大坝安全监测系统、航运管理系统、厂内技术管理系统等实现通信。

监控系统内部通信,包括水电厂级与现地控制单元级之间及现地控制单元与调速器、励磁调节器、同步并列装置之间的通信。

九、人机界面

人机界面通常用CRT显示器或LED显示器来实现,主要用于人机会话,操作员、程序员发令,显示器屏幕对各种命令进行应答。虽然在实现水电厂“无人值班”(少人值守)后现场没有人员操作,但人机界面用来查询现场状况、故障诊断、设备检修后的功能测试及人员的培训仿真等还是十分需要的,对于未实现“无人值班”(少人值守)的电厂则显得更为重要。除了上述各种功能外还要进行频繁的日常操作。

在屏幕上显示画面的主要种类有电厂主接线,机组操作画面,线路操作画面,油、水、气系统图,厂房剖面图,各种显示表格等,采用的显示方式有单线图、棒图、曲线图、格状图及各种图元图标等。

人机界面是运行人员对全厂生产过程进行安全监控,维修人员对监控系统进行管理、维修、开发的必需手段。应包括以下内容:

- (1) 系统控制权的设置和切换。
- (2) 机组及重要设备的状态设置。
- (3) 测点和设备的投运。
- (4) 参数整定值和限值的修改。
- (5) 电厂运行方式的设置和切换。
- (6) 调用各种画面。
- (7) 各类打印和报表。
- (8) 操作票显示和在线修改。
- (9) 机组启停和工况转换操作。
- (10) 断路器和隔离开关的开断、关合操作。
- (11) 机组有功功率和无功功率的调整。
- (12) AGC和AVC功能设置和参数设定。